

# 粒子形状を考慮した平衡海浜縦断モデルによる 縦断変形についての基礎的研究

長山 昭夫<sup>†</sup>

## Introduction of Sediment Grain Form to the SBEACH Model

Akio NAGAYAMA

The purpose of this paper is to consider the introduction of sediment grain form to the SBEACH model which is equilibrium beach profile change model. Beach profile change can be expressed predominantly onshore-offshore sediment beach in the SBEACH model. In this study grain form coefficient of Williams was introduced to sand drift coefficient to evaluate grain form effect to beach profile change. The results were showed in terms of grain shapes: (1) oblate, (2) globular, (3) no shape. The results showed that oblate-shaped grain affected the height of the bar, and globular-shaped grain affected the early beach profile change. In addition, after eight hours, beach profile change was balanced regardless of the grain shape.

Keywords : Beach profile, Grain form, SBEACH, Quantification of beach profile change model

## 1 はじめに

2000 年 4 月に施工された海岸法において養浜工は、海岸保全工法のひとつとして認められた。養浜工とは、侵食を受けている海岸に土砂を人工的に供給し海岸の汀線を前進させ、海岸全体で動的安定を図る工法である。

養浜工は特に米国で頻繁に行われ成果を挙げている。養浜工は、コンクリートを中心とした硬い構造物により海岸保全を行う工法である hard structure に対して、柔らかい工法 soft structure と呼ばれている。またデンマークにおいては、海岸保全工法の全てにおいて、soft structure のみを採用することを決定している。日本において養浜工は政府予算執行方法や法律の問題があり、海岸保全工法の主流とはなっていないが近い将来、海岸保全工法の主流になると考えられている。

養浜工を施工する場合、事前に縦断変形を含めた海浜変形の検討がなされるが、養浜材料となる土砂は、養浜を行う海岸の土砂とは粒子形状・比重・粒径・沈降速度の粒子特性が異なるので、数値計算での再現が難しい。今後日本においても養浜工を海岸保全工法として施工することが多くなるので、粒子特性の異なる

海浜の縦断変形を精度良く再現できるモデルの開発が待たれる。

## 2 SBEACH モデルについて

縦断変形モデルである SBEACH モデルは、Larson ら (1982) による大型造波水路試験データの解析結果に基づいて開発されたモデルである。このモデルの計算手順は、(1) 波の変形計算 (2) 岸沖漂砂量の計算 (3) 底質の連続式に基づく地形変化計算を行う。また海浜の縦断変形予測については古くからこの SBEACH モデルが使用されている。しかし、このモデルにおいて粒子は、単一粒径を仮定しており、さらに粒子形状の検討がなされていない。そこで本研究では、SBEACH モデルに粒子形状を考慮した項を導入し、通常の SBEACH モデルと縦断変形を比較検討し、粒子形状が縦断変形にどのような影響するのか検討を行う。

このモデルの特徴は、沿岸漂砂量モデルで Dean (1977) の提唱したエネルギーフラックス式 (1) を使用し、波の変形計算結果に基づいて海浜断面を 4 つの漂砂帯 (図-1) に分け、砕波帯内では波エネルギー消散に基づいた岸沖漂砂量を用い、そしてその他の 3 つの領域の漂砂量はこの砕波帯内の漂砂量に関連づけられている。

<sup>†</sup> 鹿児島工業高等専門学校技術室

$$q = K(D - D_{eq}) \quad (1)$$

ここで  $q$ : 岸沖漂砂量,  $K$ : 漂砂量係数,  $D$ : 波エネルギー消散,  $D_{eq}$ : 平衡波エネルギー消散を示す。

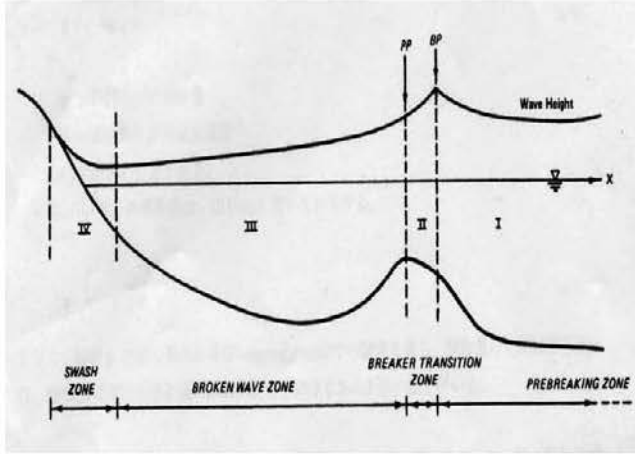


図-1 岸沖方向の4つの漂砂帯

図-2は, Willames の形状指数を記入した Zingg の図表と呼ばれる。この図は、形状解析に用いられるもので、海岸においては波浪の作用により海岸の小石は円板状(oblate)になるのに対して、河川においてはローラー状(prolate)になる傾向を示す。

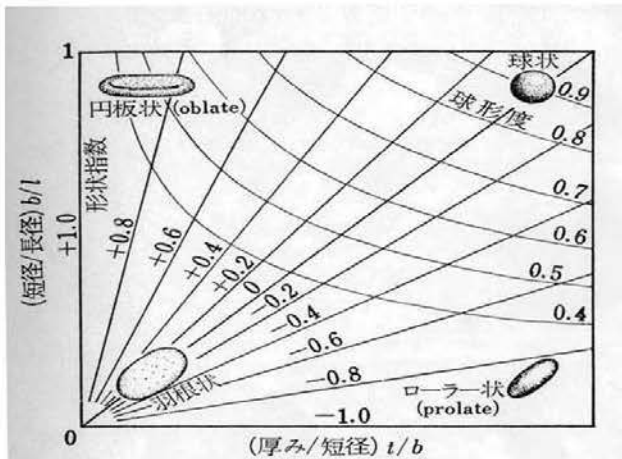


図-2 Willames の形状指数を記入した Zingg の図表

また Willames の形状係数  $W$  は以下のように定義される。 $b^2$  と  $1t$  とを比較し以下の式に従う。

$$W = 1 - \left( \frac{1t}{b^2} \right) \quad \text{for } b^2 > 1t \quad (2-1)$$

$$W = \left( \frac{b^2}{1t} \right) - 1 \quad \text{for } b^2 < 1t \quad (2-2)$$

ここで,  $1$ : 長径,  $t$ : 短径,  $b$ : 厚さを示す。

図-3は Willames が海岸にある小石の供給地点から、波の作用によってどのような小石が運ばれやすいのかを調べたデータであり、粒子径-形状ダイヤグラフと呼ばれる。

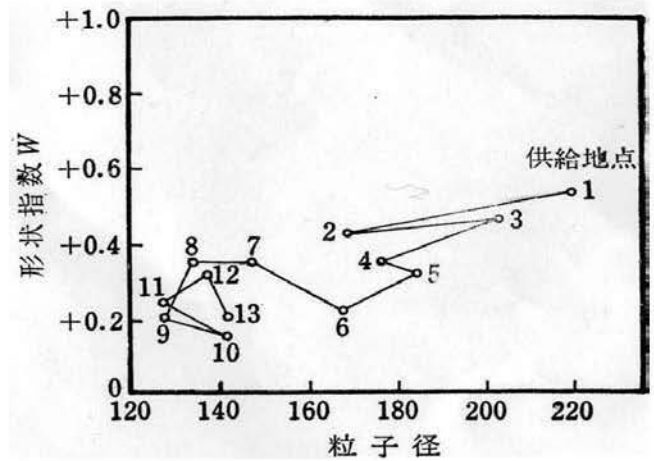


図-3 粒子径-形状ダイヤグラフ

この図より Willames の形状指数  $W$  と粒径  $d[\mu m]$  を近似式で表現したものが式(3)である。

$$W = \frac{21}{250} \exp\left(\frac{2}{250}d\right) \quad (3)$$

次に漂砂係数  $K$  と粒径  $d[\mu m]$  の関係式を求めるために、通常初期段階で使用される漂砂係数  $K$  と粒径  $d[\mu m]$  から近似式を求めた式が(3)である。

$$K = \frac{17}{20} \frac{1}{\ln(d)} \quad (4)$$

以上より、漂砂係数  $K$  と粒子形状の関係式は以下のように定義した。 $b^2 > 1t$  の場合、式(5-1)に従い、 $b^2 < 1t$  の場合は式(5-2)に従う。

$$K = \frac{17}{20} \frac{1}{\ln\left[\frac{250}{2} \ln\left[\frac{250}{21} \left(1 - \frac{1t}{b^2}\right)\right]\right]} \quad (5-1)$$

$$K = \frac{17}{20} \frac{1}{\ln\left[\frac{250}{2} \ln\left[\frac{250}{21} \left(\frac{b^2}{1t} - 1\right)\right]\right]} \quad (5-2)$$

また Dean(1977)の提唱した縦断変形モデル式のパラメータ  $A$  を同粒径で通常使用される漂砂係数  $K$  と式(5-1)・式(5-2)から求められる漂砂係数  $K$  の比を求めパラメータ  $A$  にその値を乗じた。この操作をすることにより粒子形状を考慮した項の影響がより明確となる。

### 3 数値計算について

粒子形状を考慮した SBEACH モデルと通常の SBEACH モデルで数値計算を行い、粒子形状が縦断変形にどのような影響を与えるかの検討を行った。条件としては、波浪条件・初期地形・粒径を同じにし、粒子形状を変化させたモデルを 2 つと、粒子形状を考慮しないモデルを 1 つ再現した。初期条件を表-1 に示す。波浪は侵食性波浪を作用させた。粒径は単一粒径と仮定している。各 CASE のパラメータ A と漂砂係数 K を表-2 に示す。CASE00 は粒子形状無し、CASE01 の粒子形状は球形、CASE02 の粒子形状は円板状である。波浪作用時間は 2・4・8 時間とした。

表-1 初期条件

波高 H[m]	周期 T[s]	粒径 d[μm]	勾配 I
2.0	5.0	300	1/20

表-2 各 CASE でのパラメータ A と漂砂係数 K

CASE	粒子形状	パラメータ A	漂砂係数 K
00	無し	0.12	0.150
01	球形	0.16	0.245
02	円板状	0.11	0.145

まず粒子形状を考慮しない CASE00 と粒子形状が球形の CASE01 の縦断面変形をくらべた。造波 2 時間のものを図-4、造波 4 時間のものを図-5、造波 8 時間のものを図-6 に示す。

図-4 の造波 2 時間では、粒径を考慮していない CASE00 の方が波浪に対する抵抗が大きく、粒子形状が球状の CASE01 のバー高さが大きくなる。バー高さの差は 40cm 程度になる。これは粒子形状が球形であるために粒子同士の噛み合わせ効果が薄いことが原因だと考えられる。バー発生位置も 5m ほど異なる。トラフ深さは両 CASE とも 50cm とほぼ同じになるが、トラフ発生位置は粒子形状が球状の CASE01 の方が 5m 程度岸側になっている。これは、バー高さの違いに起因していると考えられる。砕波位置については、CASE01 の方がより岸側で砕波していることがわかる。

図-5 の造波 4 時間においては、CASE00 のバー高さが発達し両 CASE とも同様な縦断変形となる。これは両 CASE をくらべた場合、CASE00 の縦断変化速度が相対的に大きくなり、CASE01 の変化速度が相対的に小さくなったと考えられる。その縦断変形の結果に伴い、両 CASE の砕波位置もほとんど同じ位置になる。

図-6 の造波 8 時間では、CASE00 においてバー高さが高くなり、そしてバー発生位置も岸側となった。トラフの深さに違いはみられない。トラフの発生位置はバー発生位置同様、CASE00 の方が岸側になることがわかる。それに伴い、砕波位置も CASE00 の方が岸側になることがわかる。以上より、造波 8 時間で CASE01 は平衡状態になったと考えられる。対して CASE00 は平衡状態にはなっておらず、縦断変形を今後も続けていくと考えられる。

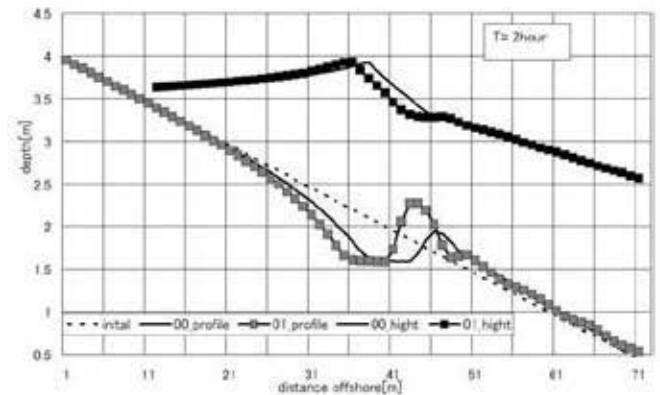


図-4 造波 2 時間の縦断面変化

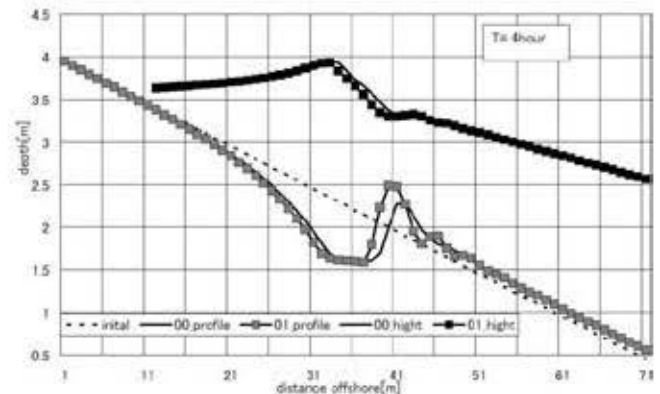


図-5 造波 4 時間の縦断面変化

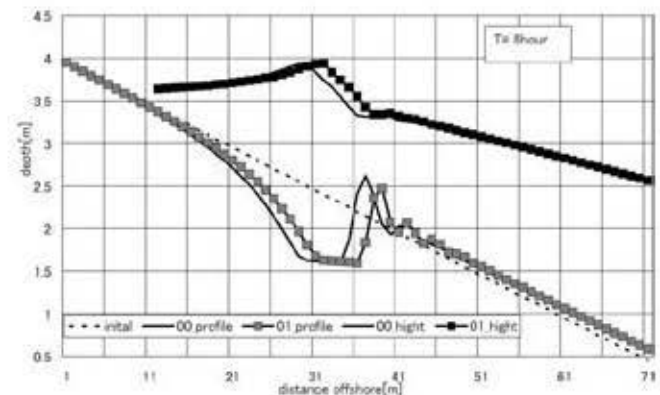


図-6 造波 8 時間の縦断面変化

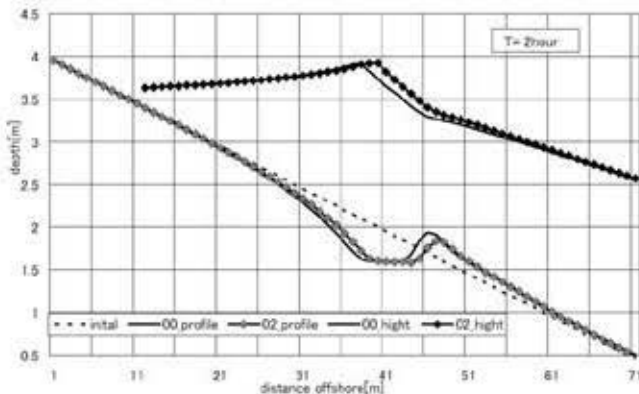


図-7 造波 2 時間の縦断面変化

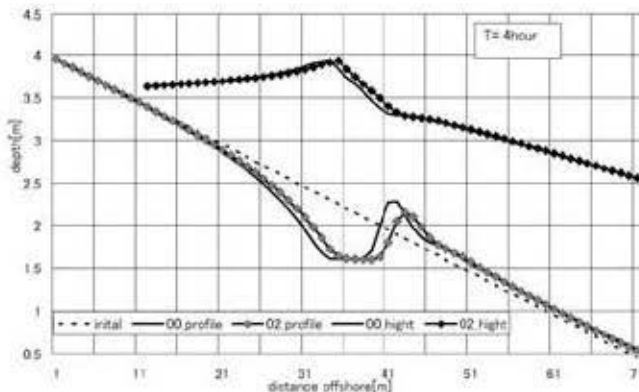


図-8 造波 4 時間の縦断面変化

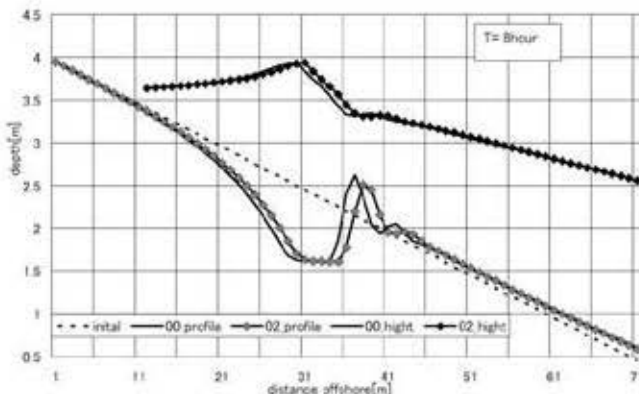


図-9 造波 8 時間の縦断面変化

次に粒子形状を考慮しない CASE00 と粒子形状が円板状の CASE02 の縦断面変形をくらべた。造波 2 時間のものを図-7、造波 4 時間のものを図-8、造波 8 時間のものを図-9 に示す。

図-7 の造波 2 時間では、粒子形状が円板状の CASE02 の縦断面変化が小さく、バー高さは CASE00 よりも低くなる。これは、円板状の粒子形状であるので、粒子同士の噛み合わせ効果が大きいとえられる。図-4 の CASE01 と図-7 の CASE02 をくらべると、粒子形状が球状の場合と円板状である場合で、造波初期(造波 2 時間)において、粒子の形状が、縦断面のバー高さの発生に大きく影響することがわかる。そして、バー深さも

両 CASE ともほとんど同じである。トラフの発生位置・深さに関してもほぼ同じ変形である。砕波位置もほとんど同じであるが、CASE00 の方が岸の方に位置している。

図-8 の造波 4 時間では、両 CASE でのバー高さに差が出る。CASE00 と CASE01 のバー高さは 25cm である。また砕波位置については CASE ともほとんど同じである。砕波位置がほとんど同じにも関わらず、バー高さに 25cm の差が出るのは粒子形状が円板状の噛み合わせ効果の影響と考えられる。またトラフに関しては両 CASE とも差は無く同じ挙動を示す。

図-9 の造波 8 時間では、両 CASE のバー高さに差が無くなる。これは波浪によって円板状粒子の噛み合わせ効果が薄れ、バー高さが増加したと考えられる。これより今回の波浪条件では、粒子の噛み合わせ効果は造波 8 時間でなくなることがわかった。またトラフ・砕波位置については両 CASE ともほとんど同じである。

## 4 まとめ

粒子形状を考慮した海浜縦断変形モデルでの数値計算を行い、粒子形状が海浜縦断変形に及ぼす影響の検討を行った。得られた結果を以下に挙げる。

粒子形状が球形の場合、造波初期の縦断変形は大きい造波時間の増加とともに縦断変形割合が小さくなっていき、今回の波浪条件では造波開始 8 時間で平衡状態になった。粒子形状が円板状の場合、粒子の噛み合わせ効果により縦断変形が少なかった。この噛み合わせ効果は、今回の波浪条件では造波 8 時間で無くなった。また粒子の形状が、縦断面のバー高さの発生に大きく影響し、トラフの深さには影響しないこともわかった。今後は波浪条件・初期条件等を変化させ、縦断変形の検討をさらに行いたい。

## 謝 辞

今回の研究は鹿児島工業高等専門学校校内助成により遂行した。また英文抄録については塚崎香織准教授に助言をいただいた。ここに謝意を記す。

## 参考文献

- 1) Magnus Larson, QUANTIFICATION OF BEACH PROFILE CHANGE, DEPARTMENT OF WATER RESOURCES ENGINEERING LUND UNIVERSITY, INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY